



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 Gebrauchsmusterschrift  
10 DE 202 19 029 U 1

51 Int. Cl. 7:  
H 01 Q 1/42

21 Aktenzeichen: 202 19 029.3  
22 Anmeldetag: 4. 12. 2002  
41 Eintragungstag: 20. 2. 2003  
43 Bekanntmachung  
im Patentblatt: 27. 3. 2003

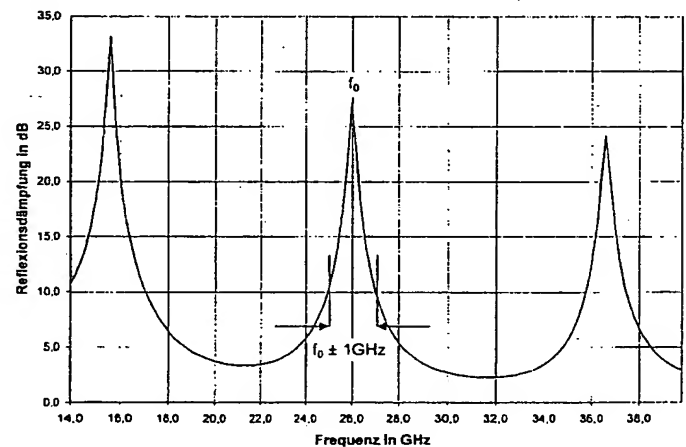
DE 202 19 029 U 1

73 Inhaber:  
Fuß, Torsten, Dr.-Ing., 01445 Radebeul, DE; Neske,  
Hans-Klaus, Prof.i.R. Dr.-Ing., 01217 Dresden, DE

74 Vertreter:  
Dr. Heyner & Dr. Sperling Patentanwälte, 01217  
Dresden

54 Reflexionsoptimierte Antennenverkleidungen

- 57 Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung mit mehrschichtiger, vorzugsweise dreischichtiger dielektrischer Querschnittsstruktur, bestehend aus einer Kernschicht und zwei oder mehreren, symmetrisch zum Kern angeordneten Deckschichten, dadurch gekennzeichnet, dass
- a) die Schichtdicken des Kerns  $d_K \approx 0,5n \cdot \lambda_{0\text{Kern}}$  und der Deckschichten  $d_D \approx 0,25 \cdot \lambda_{0\text{Deckschicht}}$  betragen,
  - b) der Kern die größte und die zum Kern symmetrischen Deckschichten gleiche relative Dielektrizitätskonstanten haben, die relativen Dielektrizitätskonstanten der jeweils äußeren Deckschichten kleiner als die der benachbarten inneren Deckschichten sind und
  - c) die Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten aus der Dielektrizitätskonstanten des Kerns abgeleitet sind.



DE 202 19 029 U 1

## 5 Reflexionsoptimierte Antennenverkleidungen

Die Erfindung betrifft dielektrische Strukturen zur Herstellung von Verkleidungen für Antennen im Mikrowellenbereich, die die elektrischen Eigenschaften der verkleideten Antennen möglichst wenig beeinflussen. Eine geringe Beeinflussung bedeutet, dass die elektromagnetische Strahlung die Antennenverkleidung möglichst verlustarm und reflexionsfrei durchdringen kann, d.h. die Antennenverkleidung muss im Frequenzband der verkleideten Antenne eine möglichst kleine Übertragungsdämpfung und eine möglichst hohe Reflexionsdämpfung besitzen.

Für Antennenverkleidungen im Mikrowellenbereich werden einschichtige oder mehrschichtige dielektrische Strukturen verwendet.

Werden die Querschnittstrukturen der Verkleidungen so gewählt, dass sich die Reflexionen an den Grenzflächen zwischen unterschiedlichen Dielektrika weitestgehend kompensieren, dann ist die Übertragungsdämpfung klein und die Reflexionsdämpfung groß. Diese Kompensation ist frequenzabhängig.

Reflexionen an Antennenverkleidungen erhöhen nicht nur die Dämpfung des eigenen Funkfeldes sondern können auch Störungen anderer Funkverbindungen verursachen. Darum sind Antennenverkleidungen mit möglichst hoher und möglichst breitbandiger Reflexionsdämpfung anzustreben.

Bei einer einschichtigen Struktur treten Reflexionen an den Grenzflächen Luft/Dielektrikum und Dielektrikum/Luft auf. Diese kompensieren sich weitgehend, wenn die Schichtdicke etwa gleich der halben Wellenlänge der Funkwelle in der dielektrischen Schicht oder ein Vielfaches davon beträgt.

$d_{\text{Schicht}} \approx 0,5n \cdot \lambda_{\text{Schicht}}$  mit  $n = 1, 2, 3 \dots$

- 5 Sind einschichtige Strukturen auf Grund ihrer mechanischen Eigenschaften nicht einsetzbar, dann müssen mehrschichtige, meist dreischichtige Strukturen verwendet werden.

Bei allen bekannten Querschnittsstrukturen, die nach elektrischen Gesichtspunkten gewählt wurden, wird die dadurch erreichbare Übertragungsdämpfung dargestellt, über die dazugehörige Reflexionsdämpfung aber nicht berichtet. Darum steht dieser Gesichtspunkt im Vordergrund der folgenden Darstellungen.

- 15 In DE 298 16 114.1 U1 wird eine dreischichtige Antennenverkleidung für Richtfunkantennen mit symmetrischer Querschnittsstruktur beschrieben, die im wesentlichen aufgebaut ist aus
- zwei gleichen, elektrisch dünnen dielektrischen Deckschichten
- der Dicke  $d_D < 0,2 \cdot \lambda_{\text{Deckschicht}}$  und
  - einem Kern aus Schaumstoff der Dicke  $d_K \approx (0,5n + 0,1) \cdot \lambda_{\text{Kern}}$
- 20 mit  $n = 1, 2, 3 \dots$

Die Kerndicke  $d_K$  ist so gewählt, dass sich die Reflexionen an den beiden Deckschichten gegenseitig kompensieren.

25

Die zugehörige Fig. 1 zeigt an einem charakteristischen Beispiel die bei dieser Struktur auftretende Reflexionsdämpfung  $a_R$  in Abhängigkeit von der Frequenz  $f$ .

- 30 Bei der Bandmittenfrequenz  $f_0$  hat die Reflexionsdämpfung ein Maximum von  $a_{R \max} \approx 27$  dB. Im Frequenzband von  $f_0 \pm 1$  GHz, d.h. innerhalb der Bandbreite von 2 GHz, wird die Reflexionsdämpfung schnell kleiner und beträgt an den Bandgrenzen nur noch  $a_R \approx 10$  dB. Außerhalb dieses Frequenzbandes erreicht sie Minima, die bei ca. 3 dB liegen.

5 Im DE 299 01 104.6 U1 wird eine dreischichtige Antennenverkleidung mit symmetrischer Querschnittsstruktur folgenden Aufbaus beschrieben

- zwei gleiche, elektrisch dicke dielektrische Deckschichten der Dicken  $d_D$  und
- ein Kern aus Schaumstoff der Dicke  $d_K$ .

10

Die Deckschichtdicken betragen  $d_D \approx 0,5n \cdot \lambda_{\text{Deckschicht}}$  mit  $n = 1, 2, 3 \dots$ . Bei dieser Dicke kompensieren sich die Reflexionen an den Grenzflächen jeder Deckschicht selbst. Die Kerndicke kann daher im wesentlichen nach mechanischen Gesichtspunkten gewählt werden.

15

Fig. 2 zeigt an einem charakteristischen Beispiel die bei dieser Struktur auftretende Reflexionsdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz.

Bei der Bandmittenfrequenz  $f_0$  beträgt die Reflexionsdämpfung 29 dB, im  
 20 Frequenzband von  $f_0 \pm 1$  GHz, d.h. innerhalb einer Bandbreite von 2 GHz ist sie  $\geq 22$  dB, sinkt dann aber sehr schnell bis auf 9 dB. Innerhalb der Bandbreite von 11 GHz (ca.  $f_0 \pm 5,5$  GHz) ist die Reflexionsdämpfung  $\geq 9$  dB.

In DE 199 02 511 C2 wird eine dreischichtige Antennenverkleidung mit  
 25 unsymmetrischer Querschnittsstruktur beschrieben, die aus

- einer elektrisch dicken Deckschicht der Dicke  $d_{D1} \approx 0,5 \cdot \lambda_{\text{Deckschicht}}$ ,
- einer elektrisch dünnen Deckschicht der Dicke  $d_{D2} < 0,2 \cdot \lambda_{\text{Deckschicht}}$  und
- einem Kern aus Schaumstoff besteht, dessen Dicke  $d_K$  im wesentlichen nach mechanischen Gesichtspunkten gewählt werden kann.

30

Die zugehörige Fig. 3 zeigt an einem Beispiel die bei dieser Dimensionierung auftretende Reflexionsdämpfung in Abhängigkeit von der Frequenz.

- 5 In Bandmitte beträgt die Reflexionsdämpfung 14 dB, im Frequenzband von  $f_0 \pm 1$  GHz, d.h. innerhalb einer Bandbreite von 2 GHz, ist sie  $\geq 10$  dB, sinkt bis auf 7 dB, steigt dann aber wieder an. Im Frequenzband von  $f_0 \pm 6$  GHz, d.h. in einer Bandbreite von 12 GHz, beträgt die Reflexionsdämpfung  $a_R \geq 7$  dB.
- 10 Zusammenfassend ergibt sich, dass bei allen bekannten Querschnittsstrukturen nur selektiv hohe Reflexionsdämpfungen auftreten. Die Bandbreite hoher Reflexionsdämpfung ist sehr gering und liegt im Bereich von ca. 2 GHz. Zwischen ausgeprägten schmalen Maxima liegen breite Minima der Reflexionsdämpfung.
- 15 Dieser Nachteil aller bekannten Strukturen für Antennenverkleidungen soll durch die erfindungsgemäße Lösung beseitigt werden.
- Aufgabe der Erfindung ist es deshalb, eine Querschnittsstruktur vorzuschlagen, bei der in einem möglichst großen Frequenzband eine möglichst große
- 20 Reflexionsdämpfung erreicht und damit die Übertragungsdämpfung praktisch nur durch die Verlustdämpfung bestimmt wird.
- Eine erfindungsgemäße Lösung dieser Aufgabe ist im Anspruch 1 angegeben. Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen gekennzeichnet.
- 25 Nach der Konzeption der Erfindung wird die Lösung dieser Aufgabe durch eine mehrschichtige Querschnittsstruktur erreicht, die aus einer Kernschicht und aus mindestens zwei gleichen Deckschichten besteht, bei der die Dicken des Kerns und der Deckschichten durch die Mittenfrequenz  $f_0 = c/\lambda_0$  bestimmt werden, die
- 30 relative Dielektrizitätskonstante der Kernschicht größer als die relativen Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten ist

$$\epsilon_{r \text{ Kern}} > \epsilon_{r \text{ Deckschichten}}$$

- 5 und bei der die relativen Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten von der relativen Dielektrizitätskonstanten des Kerns abhängig sind.

Bei einer dreischichtigen Querschnittsstruktur gilt

- 10 • für die Dicken:

Kerndicke  $d_K \approx 0,5 \cdot \lambda_0 \text{ Kern}$

Deckschichtdicken  $d_D \approx 0,25 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$

und

15

- für die relativen Dielektrizitätskonstanten:

$$(\epsilon_r \text{ Kern})^{0,33} < \epsilon_r \text{ Deckschicht} \leq (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,5}.$$

- 20 Bei einer fünfschichtigen Querschnittsstruktur gilt

- für die Dicken:

Kerndicke  $d_K \approx 0,5 \cdot \lambda_0 \text{ Kern}$

Dicken der inneren Deckschichten  $d_{D\text{-innen}} \approx 0,25 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht-innen}$

25 Dicken der äußeren Deckschichten  $d_{D\text{-außen}} \approx 0,25 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht-außen}$

und

- für die relativen Dielektrizitätskonstanten:

30  $(\epsilon_r \text{ Kern})^{0,5} < \epsilon_r \text{ Deckschicht-innen} < (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,75}$  und

$(\epsilon_r \text{ Kern})^{0,2} < \epsilon_r \text{ Deckschicht-außen} \leq (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,25}.$

Als wesentliche Vorteile der erfinderischen Lösung sind zu nennen:

- Große Reflexionsdämpfungen in einem großen Frequenzbereich.

- 5 - Möglichkeit, durch Wahl der relativen Dielektrizitätskonstanten innerhalb der angegebenen Bereiche die Querschnittsstruktur den spezifischen Forderungen zwischen großer Reflexionsdämpfung in einem kleineren Frequenzband oder kleinerer Reflexionsdämpfung in einem größeren Frequenzband anzupassen.
- Universell einsetzbar für Verkleidungen von Antennen in unterschiedlichen
- 10 Frequenzbändern, z.B. bei Richtfunktankern mit Richtfunkantennen im 18-, 23-, 26- und 38 GHz-Band.

Dieses ist besonders dann vorteilhaft, wenn zu Beginn der Festnetzplanung noch nicht alle Richtfunkverbindungen bekannt sind, da dann auch bei einer späteren Erweiterung der Antennenkonfiguration elektrisch optimale

15 Bedingungen vorliegen, die jetzt nur mit Veränderungen der Antennenverkleidungen erreichbar sind.

Zur weiteren Erläuterung der Erfindung wird auf die Patentansprüche verwiesen.

- 20 Einzelheiten, Merkmale und Vorteile der Erfindung ergeben sich auch aus der nachfolgenden Beschreibung von Ausführungsbeispielen. Vorher zeigen die Fig. 1 bis 3 die Frequenzabhängigkeit der Reflexionsdämpfung einer Funkwelle durch dreischichtige Strukturen, so wie sie im einleitenden Stand der Technik erläutert wurden:

25

Fig. 1 Frequenzabhängigkeit der Reflexionsdämpfung einer Funkwelle durch eine dreischichtige Struktur mit zwei gleichen, elektrisch dünnen Deckschichten, optimiert für die Bandmittenfrequenz 26 GHz bei senkrechtem Einfall;

- 30 Fig. 2 Frequenzabhängigkeit der Reflexionsdämpfung einer Funkwelle durch eine dreischichtige Struktur mit zwei gleichen, elektrisch dicken Deckschichten, optimiert für die Bandmittenfrequenz 26 GHz bei senkrechtem Einfall;

Fig. 3 Frequenzabhängigkeit der Reflexionsdämpfung einer Funkwelle

- 5 durch eine dreischichtige Struktur, mit einer elektrisch dicken und einer elektrisch dünnen Deckschicht, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz, bei senkrechtem Einfall.

Zur Demonstration der erfindungsgemäßen Lösung zeigen:

10

Fig. 4 eine zweckmäßige Ausführungsform für eine dreischichtige Querschnittsstruktur;

Fig. 5 eine zweckmäßige Ausführungsform für eine fünfschichtige Querschnittsstruktur;

- 15 Fig. 6 die Frequenzabhängigkeit der Reflexionsdämpfung einer Funkwelle durch eine reflexionsoptimierte dreischichtige Struktur, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz, bei senkrechtem Einfall,

$$\epsilon_{r \text{ Deckschicht}} \approx (\epsilon_{r \text{-Kern}})^{0,46};$$

- 20 Fig. 7 die Frequenzabhängigkeit der Übertragungsdämpfung einer Funkwelle durch eine reflexionsoptimierte dreischichtige Struktur, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz bei senkrechtem Einfall,

$$\epsilon_{r \text{ Deckschicht}} \approx (\epsilon_{r \text{-Kern}})^{0,46};$$

- 25 Fig. 8 Frequenzabhängigkeit der Übertragungsdämpfung einer Funkwelle durch eine reflexionsoptimierte dreischichtige Struktur, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz bei senkrechtem Einfall,  $\epsilon_{r \text{ Deckschicht}} = (\epsilon_{r \text{-Kern}})^{0,5}$  (obere Grenze des Bereiches für  $\epsilon_{r \text{ Deckschicht}}$ );

- 30 Fig. 9 Frequenzabhängigkeit der Übertragungsdämpfung einer Funkwelle durch eine reflexionsoptimierte dreischichtige Struktur, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz bei senkrechtem Einfall,  $\epsilon_{r \text{ Deckschicht}} = (\epsilon_{r \text{-Kern}})^{0,33}$  (untere Grenze des Bereiches für  $\epsilon_{r \text{ Deckschicht}}$ );

- Fig. 10 Frequenzabhängigkeit der Übertragungsdämpfung einer Funkwelle durch eine reflexionsoptimierte fünfschichtige Struktur, optimiert für die Mittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz bei senkrechtem Einfall.



- 5 Jeweils eine zweckmäßige Ausführungsform der erfinderischen Lösung für eine dreischichtige sowie eine fünfschichtige Querschnittsstruktur zeigen die Fig. 4 und 5.

Bei einer gewählten Bandmittenfrequenz  $f_0 = 26$  GHz wurde beispielhaft dimensioniert:

- 10 • bei der dreischichtigen Querschnittsstruktur in Fig. 4  
 $\epsilon_{r\text{-Kern}} = 5,1$ ; Verlustfaktor = 0,025;  $d_k = 2,6$  mm  
 $\epsilon_{r\text{-Deckschicht}} = 2,1$ ; Verlustfaktor = 0,050;  $d_D = 2,0$  mm
- bei der fünfschichtigen Querschnittsstruktur in Fig. 5  
 $\epsilon_{r\text{-Kern}} = 5,1$ ; Verlustfaktor = 0,025;  $d_k = 2,6$  mm  
15  $\epsilon_{r\text{-Deckschicht -innen}} = 2,9$ ; Verlustfaktor = 0,050;  $d_{D\text{-innen}} = 1,7$  mm  
 $\epsilon_{r\text{-Deckschicht -außen}} = 1,5$ ; Verlustfaktor = 0,050;  $d_{D\text{-außen}} = 2,4$  mm

Die Figuren 6 und 7 zeigen an einem Beispiel die bei dieser Dimensionierung auftretenden Dämpfungen in Abhängigkeit von der Frequenz.

20

Die Reflexionsdämpfung ist sehr breitbandig, beträgt in Bandmitte 32 dB und ist im Frequenzband von ca.  $f_0 \pm 9$  GHz, d.h. innerhalb einer Bandbreite von ca. 18 GHz,  $a_R \geq 20$  dB.

25 Zum Vergleich zeigt Fig. 6 auch die Reflexionsdämpfung des Kerns ohne Beschichtung. Durch die Beschichtung wächst die maximale Reflexionsdämpfung um ca. 3 dB und die Bandbreite, in der die Reflexionsdämpfung mindestens 20 dB beträgt, wächst von ca. 2 GHz auf ca. 18 GHz !

30 Fig. 7 zeigt den dazugehörigen Verlauf der Übertragungsdämpfung. Auf Grund der hohen Reflexionsdämpfung wird in diesem Frequenzband die Übertragungsdämpfung im wesentlichen nur durch die Verlustdämpfung bestimmt. Die Übertragungsdämpfung beträgt an der unteren Bandgrenze ca. 0,8 dB und wächst etwa frequenzlinear bis auf ca. 1,5 dB an der oberen Bandgrenze.

- 5 In der folgenden Tabelle 1 sind die Reflexionsdämpfungen  $a_R$  der bekannten Querschnittsstrukturen der Reflexionsdämpfung der erfindungsgemäßen Lösung gegenübergestellt.

Querschnittsstruktur	Reflexionsdämpfung
<b>Einschichtig (Fig. 6)</b> $d_{\text{Schicht}} \approx 0,5n \cdot \lambda_0 \text{ Schicht}$ $\epsilon_r \text{ Schicht}$ wählbar	In der Bandmitte $f_0$ : $a_{R \text{ max}} \approx 29\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 1\text{GHz}$ : $a_R \geq 20\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 7\text{GHz}$ : $a_R \geq 5\text{dB}$
<b>dreischichtig (Fig. 1)</b> zwei elektr. dünne Deckschichten $d_D < 0,2\lambda_0 \cdot \text{Deckschicht}$ $d_K \approx (0,5n + 0,1) \cdot \lambda_0 \text{ Kern}$ $\epsilon_r \text{ Kern} < \epsilon_r \text{ Deckschicht}$ $\epsilon_r \text{ Kern}$ und $\epsilon_r \text{ Deckschicht}$ wählbar	in der Bandmitte $f_0$ : $a_{R \text{ max}} \approx 27\text{dB}$ , im Frequenzband $f_0 \pm 1\text{GHz}$ : $a_R \geq 10\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 5\text{GHz}$ : $a_R \geq 3 \text{ dB}$
<b>dreischichtig (Fig. 2)</b> zwei elektr. dicke Deckschichten $d_D \approx 0,5n \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$ $d_K$ wählbar $\epsilon_r \text{ Kern} < \epsilon_r \text{ Deckschicht}$ $\epsilon_r \text{ Kern}$ und $\epsilon_r \text{ Deckschicht}$ wählbar	in der Bandmitte $f_0$ : $a_{R \text{ max}} \approx 29 \text{ dB}$ , im Frequenzband $f_0 \pm 1\text{GHz}$ : $a_R \geq 22 \text{ dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 5,5\text{GHz}$ : $a_R \geq 9\text{dB}$
<b>dreischichtig (Fig. 3)</b> eine elektr. dicke und eine elektr. dünne Deckschicht $d_{D1} \approx 0,5 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$ $d_{D2} < 0,2 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$ $d_K$ wählbar	in der Bandmitte $f_0$ : $a_R \approx 14\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 1\text{GHz}$ : $a_R \geq 10\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 6 \text{ GHz}$ : $a_R \geq 7\text{dB}$

$\epsilon_r \text{ Kern} < \epsilon_r \text{ Deckschicht}$ $\epsilon_r \text{ Kern und } \epsilon_r \text{ Deckschicht wählbar}$  <b>dreischichtig (Fig. 6)</b> zwei elektr. gleiche Deckschichten $d_D = 0,25 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$ $d_K = 0,50 \cdot \lambda_0 \text{ Kern}$ $\epsilon_r \text{ Kern} > \epsilon_r \text{ Deckschicht,}$ $\epsilon_r \text{ Deckschicht} \approx (\epsilon_r \text{-Kern})^{0,46}$	in der Bandmitte $f_0$ : $a_R \approx 32\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 1\text{GHz}$ : $a_R \geq 27\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 9\text{GHz}$ : $a_R \geq 20\text{dB}$
---	--

5

Die Tabelle 1 zeigt, dass die Reflexionsdämpfung der erfindungsgemäßen dreischichtigen Struktur allen bekannten Strukturen bezüglich der erreichbaren Mindestdämpfung und der Bandbreite, in dem diese Mindestdämpfung auftritt, weit überlegen ist.

10

Alle Zahlenrechnungen wurden mit Parametern durchgeführt, die die Vergleichbarkeit der Ergebnisse ermöglicht. Bei anderen Parametern ergeben sich im Detail andere Zahlenwerte, die Relationen zwischen den Ergebnissen bleiben aber gleich.

15

Der Einfluss des Einfallswinkels ist bei allen betrachteten Strukturen qualitativ gleich. Darum erfolgten alle Rechnungen für senkrechten Einfall der Funkwelle.

20

Die Figuren 8 und 9 veranschaulichen das Verhalten der Reflexionsdämpfung der erfinderischen Lösung in Abhängigkeit von der Frequenz an der oberen und der unteren Grenze des Bereichs für  $\epsilon_r \text{ Deckschicht}$ .

Charakteristische Werte sind in der nachfolgenden Tabelle 2 zusammengestellt; die Dielektrizitätskonstante ist im weiteren mit DK abgekürzt.

$\epsilon_r$ Deckschicht	Reflexionsdämpfung
$\epsilon_r \text{ Deckschicht} = (\epsilon_r \text{-Kern})^{0,5}$ (Fig. 8) <b>(obere Grenze des DK-Bereiches)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in der Bandmitte <math>f_0</math>: <math>a_R \approx 31\text{dB}</math></li> <li>• im Frequenzband <math>f_0 \pm 10\text{GHz}</math>: <math>a_R \geq 17\text{dB}</math> (mit drei Maxima und zwei Minima)</li> </ul>
$\epsilon_r \text{ Deckschicht} \approx (\epsilon_r \text{-Kern})^{0,46}$ (Fig. 6)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in der Bandmitte <math>f_0</math>: <math>a_R \approx 32\text{dB}</math></li> <li>• im Frequenzband <math>f_0 \pm 9\text{GHz}</math>: <math>a_R \geq 20\text{dB}</math> (mit drei Maxima und zwei Minima)</li> </ul>
$\epsilon_r \text{ Deckschicht} = (\epsilon_r \text{-Kern})^{0,33}$ (Fig. 9) <b>(untere Grenze des DK-Bereiches)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• in der Bandmitte <math>f_0</math>: <math>a_R \approx 33\text{dB}</math></li> <li>• im Frequenzband <math>f_0 \pm 6\text{GHz}</math>: <math>a_R \geq 20\text{dB}</math> (mit zwei Maxima und einem Minimum)</li> </ul>

5

An der oberen Grenze des DK-Bereiches (Fig. 8) hat die Reflexionsdämpfung  $a_R$  ein Maximum in Bandmitte und etwa frequenzsymmetrisch zur Bandmittenfrequenz auf jeder Seite ein Minimum und ein Maximum. Im Beispiel beträgt die Reflexionsdämpfung in Bandmitte ca. 31 dB und im Frequenzband von  $f_0 \pm 10 \text{ GHz} \geq 17 \text{ dB}$ .

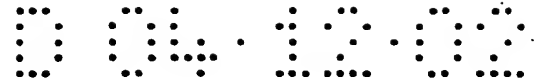
10

Für  $\epsilon_r \text{ Deckschicht} < (\epsilon_r \text{-Kern})^{0,5}$  (z.B. Fig. 6) wird mit Verringerung von  $\epsilon_r \text{ Deckschicht}$  die Reflexionsdämpfung in den Minima größer, das Frequenzband, in dem die Reflexionsdämpfung den Minimalwert nicht überschreitet, aber kleiner.

15

An der unteren Grenze des DK-Bereiches (Fig. 9) hat die Reflexionsdämpfung etwa in der Bandmitte ein Minimum, flankiert durch zwei Maxima. Außerhalb der Maxima sinkt die Reflexionsdämpfung monoton. Im Beispiel beträgt die Reflexionsdämpfung in der Bandmitte ca. 33 dB und im Frequenzband von  $f_0 \pm 6 \text{ GHz}$  ist  $a_R \geq 20 \text{ dB}$ .

20



- 5 Fig. 10 zeigt ein Beispiel für eine reflexionsoptimierte fünfschichtige Querschnittsstruktur.

In der folgenden Tabelle 3 sind charakteristische Kennwerte einer dreischichtigen und einer fünfschichtigen reflexionsoptimierten Querschnittsstruktur gegenübergestellt.

Querschnittsstruktur	Reflexionsdämpfung
<b>Dreischichtig, reflexionsoptimiert (Fig. 6)</b>  Kernschicht $d_K = 0,50 \cdot \lambda_{0 \text{ Kern}} ; \epsilon_{r \text{ Kern}} = 5,1$ zwei elektr. gleiche Deckschichten $d_D = 0,25 \cdot \lambda_{0 \text{ Deckschicht}}$ $\epsilon_{r \text{ Deckschicht}} \approx (\epsilon_{r \text{ Kern}})^{0,46}$	in der Bandmitte $f_0$ : $a_R \approx 32\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 9\text{GHz}$ : $a_R \geq 20\text{dB}$
<b>fünfschichtig, reflexionsoptimiert (Fig. 10)</b>  Kernschicht $d_K = 0,50 \cdot \lambda_{0 \text{ Kern}}, \epsilon_{r \text{ Kern}} = 5,1$ zwei elektr. gleiche innere Decksch. $d_{D \text{ -innen}} = 0,25 \cdot \lambda_{0 \text{ Deckschicht -innen}}$ $\epsilon_{r \text{ Deckschicht -innen}} \approx (\epsilon_{r \text{ Kern}})^{0,65}$ zwei elektr. gleiche äußere Decksch. $d_{D \text{ -außen}} = 0,25 \cdot \lambda_{0 \text{ Deckschicht -außen}}$ $\epsilon_{r \text{ Deckschicht -außen}} \approx (\epsilon_{r \text{ Kern}})^{0,25}$	in der Bandmitte $f_0$ : $a_R \approx 40\text{dB}$ im Frequenzband $f_0 \pm 12,5\text{GHz}$ : $a_R \geq 25\text{dB}$

- Der Vergleich zeigt, dass beim Übergang von einer dreischichtigen auf eine fünfschichtige reflexionsoptimierte Querschnittsstruktur sowohl die Reflexionsdämpfungen  $a_R$  in den Minima als auch die dazugehörigen Bandbreiten wesentlich größer sind.

## 5 Schutzansprüche

1. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung mit mehrschichtiger, vorzugsweise dreischichtiger dielektrischer Querschnittsstruktur, bestehend aus einer Kernschicht und zwei oder mehreren, symmetrisch zum Kern angeordneten Deckschichten, **dadurch gekennzeichnet**, dass
  - a) die Schichtdicken des Kerns  $d_K \approx 0,5n \cdot \lambda_0 \text{ Kern}$  und der Deckschichten  $d_D \approx 0,25 \cdot \lambda_0 \text{ Deckschicht}$  betragen,
  - b) der Kern die größte und die zum Kern symmetrischen Deckschichten gleiche relative Dielektrizitätskonstanten haben, die relativen Dielektrizitätskonstanten der jeweils äußeren Deckschichten kleiner als die der benachbarten inneren Deckschichten sind und
  - c) die Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten aus der Dielektrizitätskonstanten des Kerns abgeleitet sind.
2. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer dreischichtigen Struktur die relativen Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten  $\epsilon_r \text{ Deckschicht}$  im Bereich
 
$$(\epsilon_r \text{ Kern})^{0,33} < \epsilon_r \text{ Deckschicht} \leq (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,5}$$
 liegen.
3. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung nach Anspruch 2, **dadurch gekennzeichnet**, dass bei einer zweckmäßigen Ausführung

5 beträgt  $\epsilon_r \text{ Deckschicht} = (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,46}$

4. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet, dass bei einer fünfschichtigen Struktur die  
10 relativen Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten im Bereich

$$(\epsilon_r \text{ Kern})^{0,5} < \epsilon_r \text{ Deckschicht - innen} < (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,75} \text{ und} \\ (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,2} < \epsilon_r \text{ Deckschicht - außen} \leq (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,25} \text{ liegen.}$$

15

5. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung nach Anspruch 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass bei einer zweckmäßigen Ausführung  
beträgt

$$\epsilon_r \text{ Deckschicht - innen} \approx (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,65} \text{ und } \epsilon_r \text{ Deckschicht - außen} \approx (\epsilon_r \text{ Kern})^{0,25}.$$

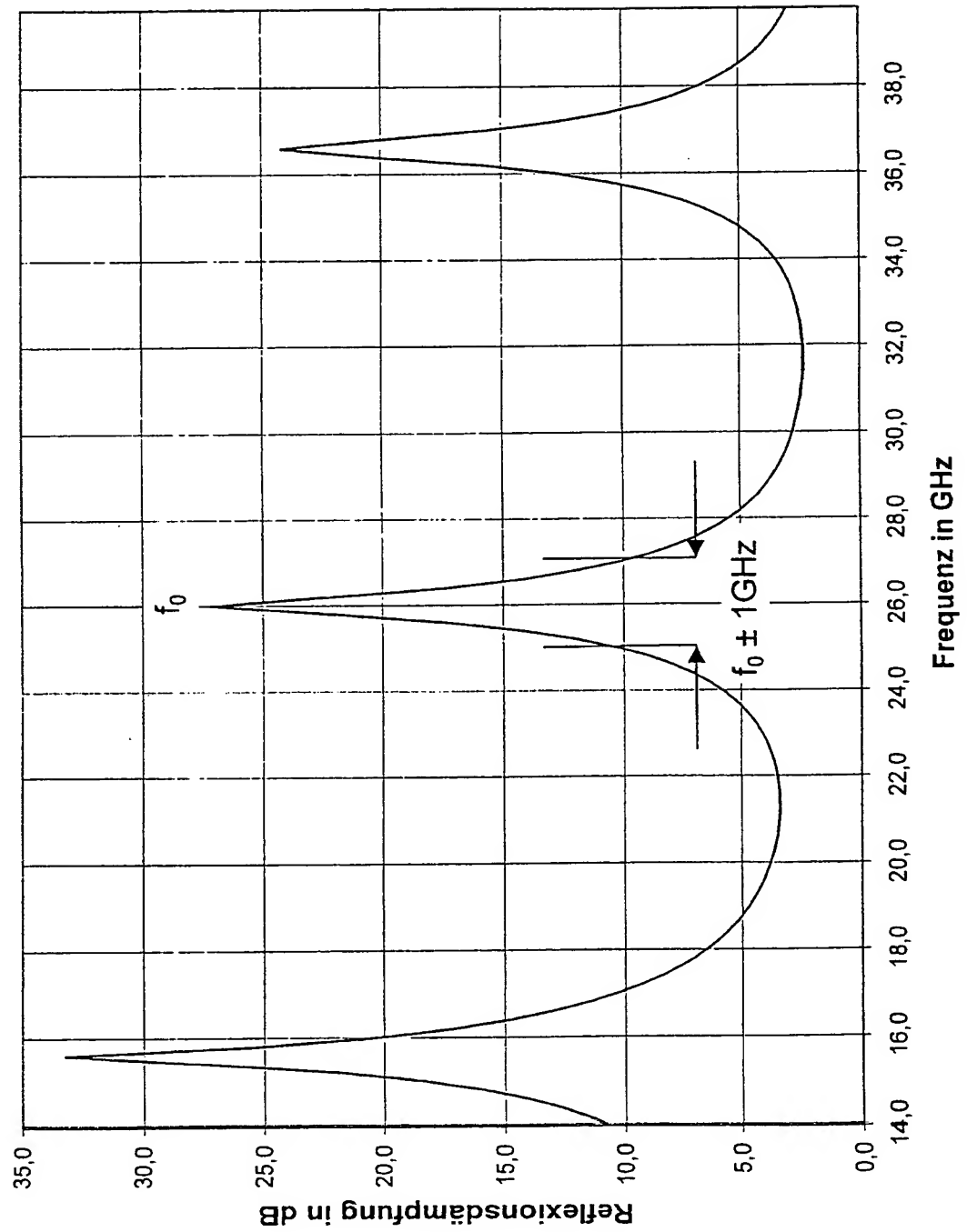
20

6. Reflexionsoptimierte Antennenverkleidung nach Anspruch 2 oder 4,  
dadurch gekennzeichnet, dass innerhalb der vorgegebenen Bereiche die  
relativen Dielektrizitätskonstanten der Deckschichten entsprechend der  
25 primären Forderung an die Reflexionsdämpfung, nämlich  
entweder nach der Größe der Reflexionsdämpfung  
oder nach der Bandbreite einer zulässigen Reflexionsdämpfung,  
gewählt werden.

0 04.12.02

Stand der Technik

Fig. 1



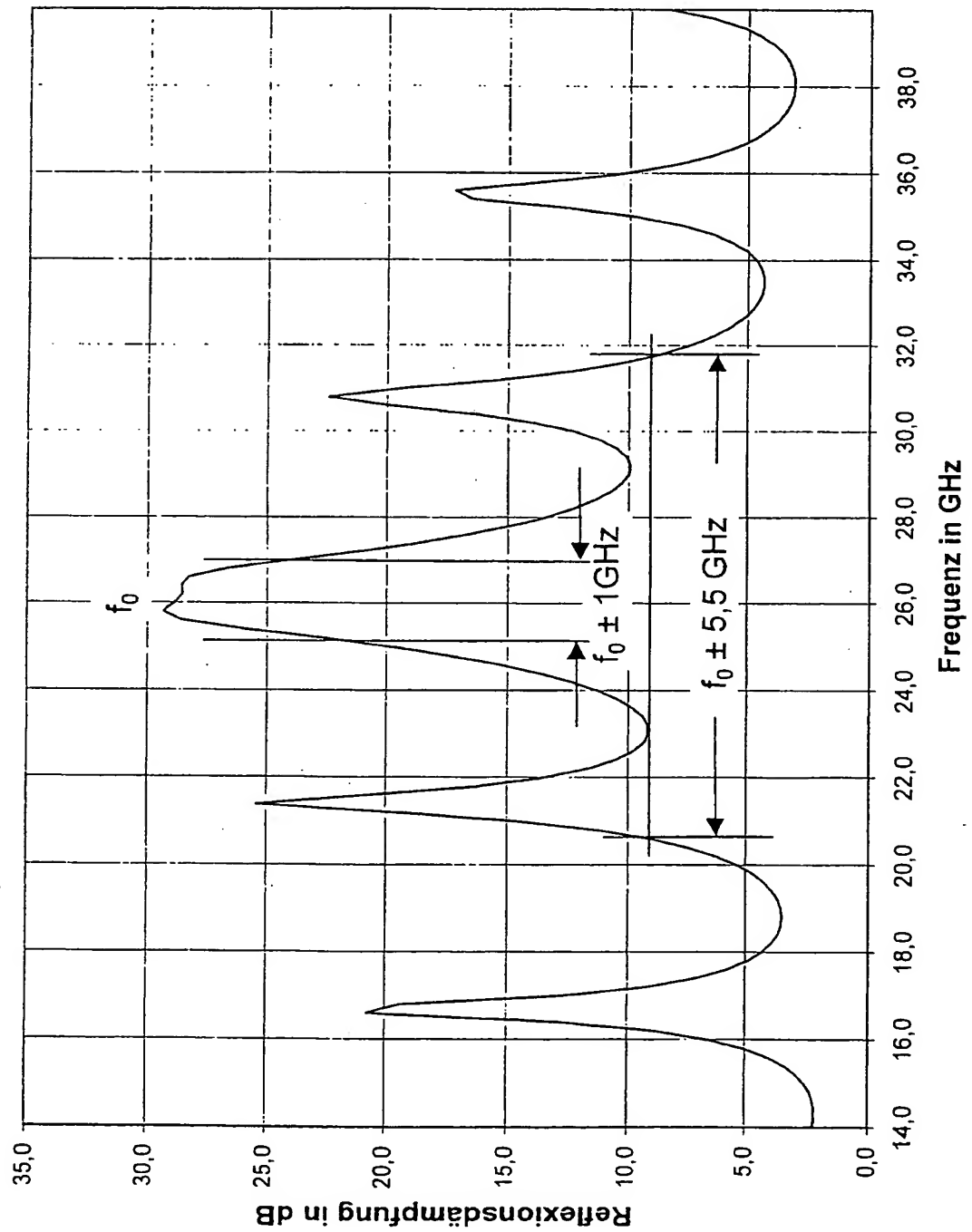
10 020 01 0029 01



0 04.12.02

Stand der Technik

Fig. 2



10 620 19 029 01

Stand der Technik

Fig. 3

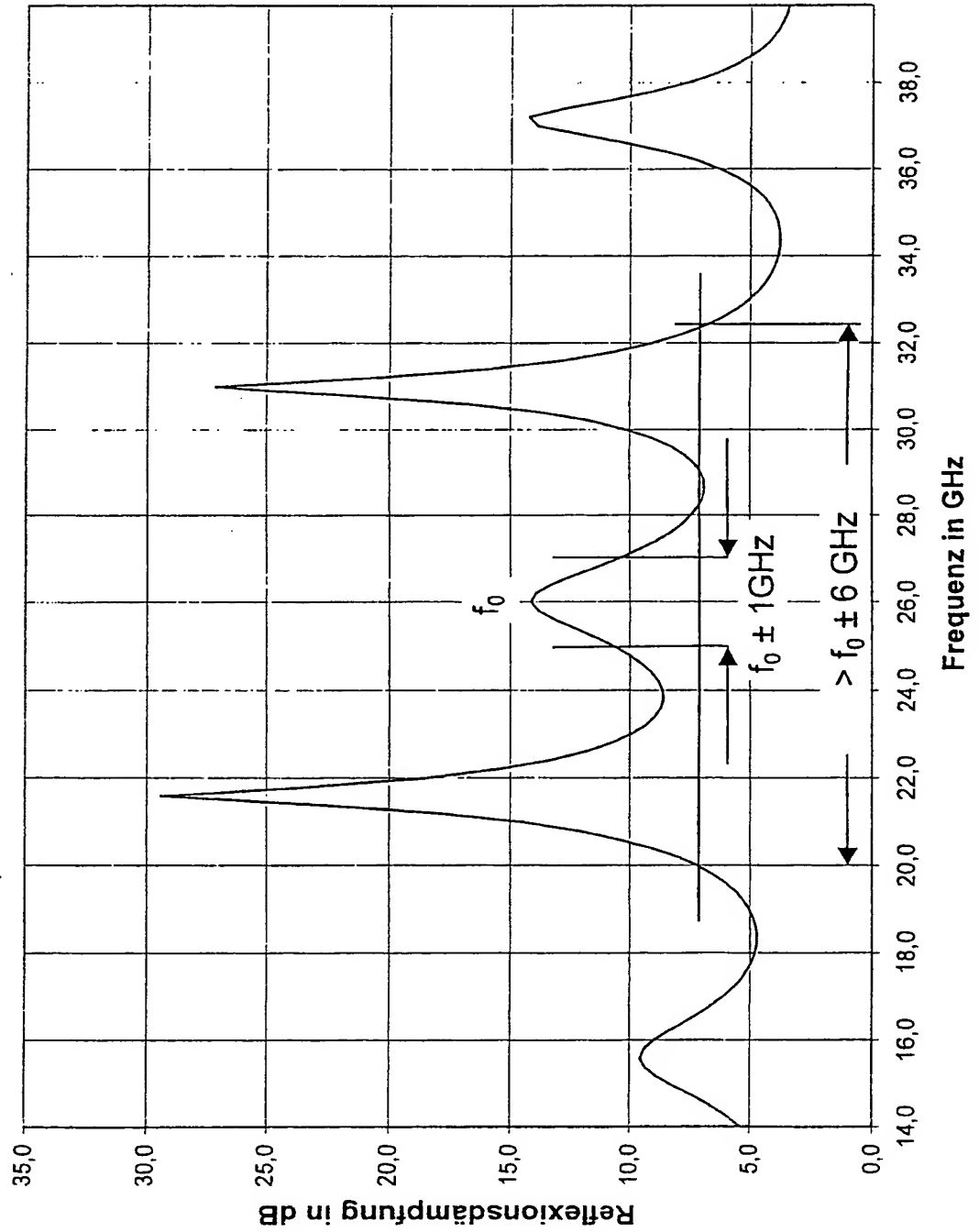


Fig. 4

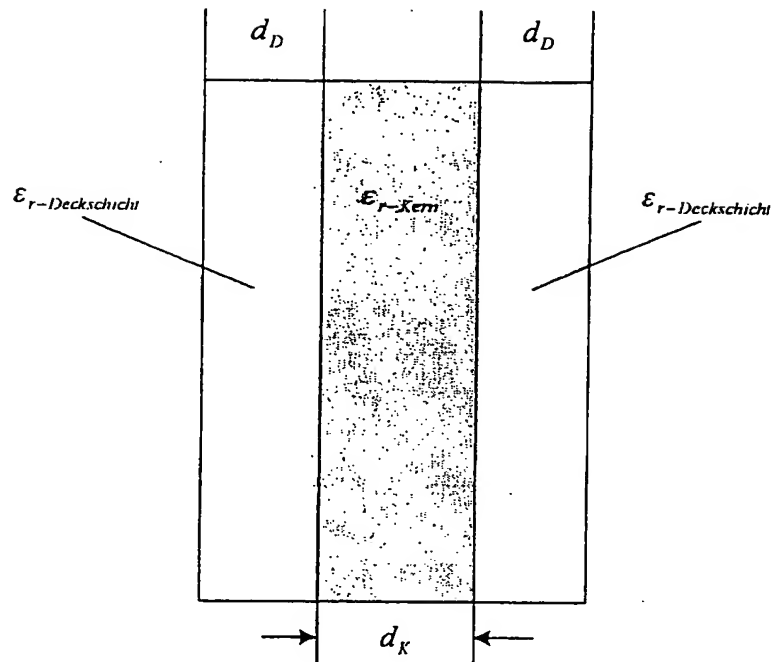


Fig. 5

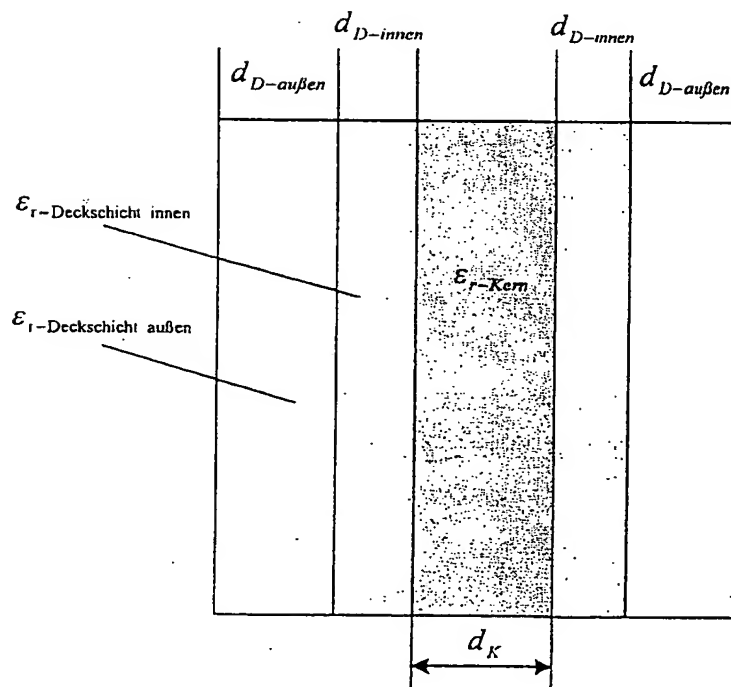
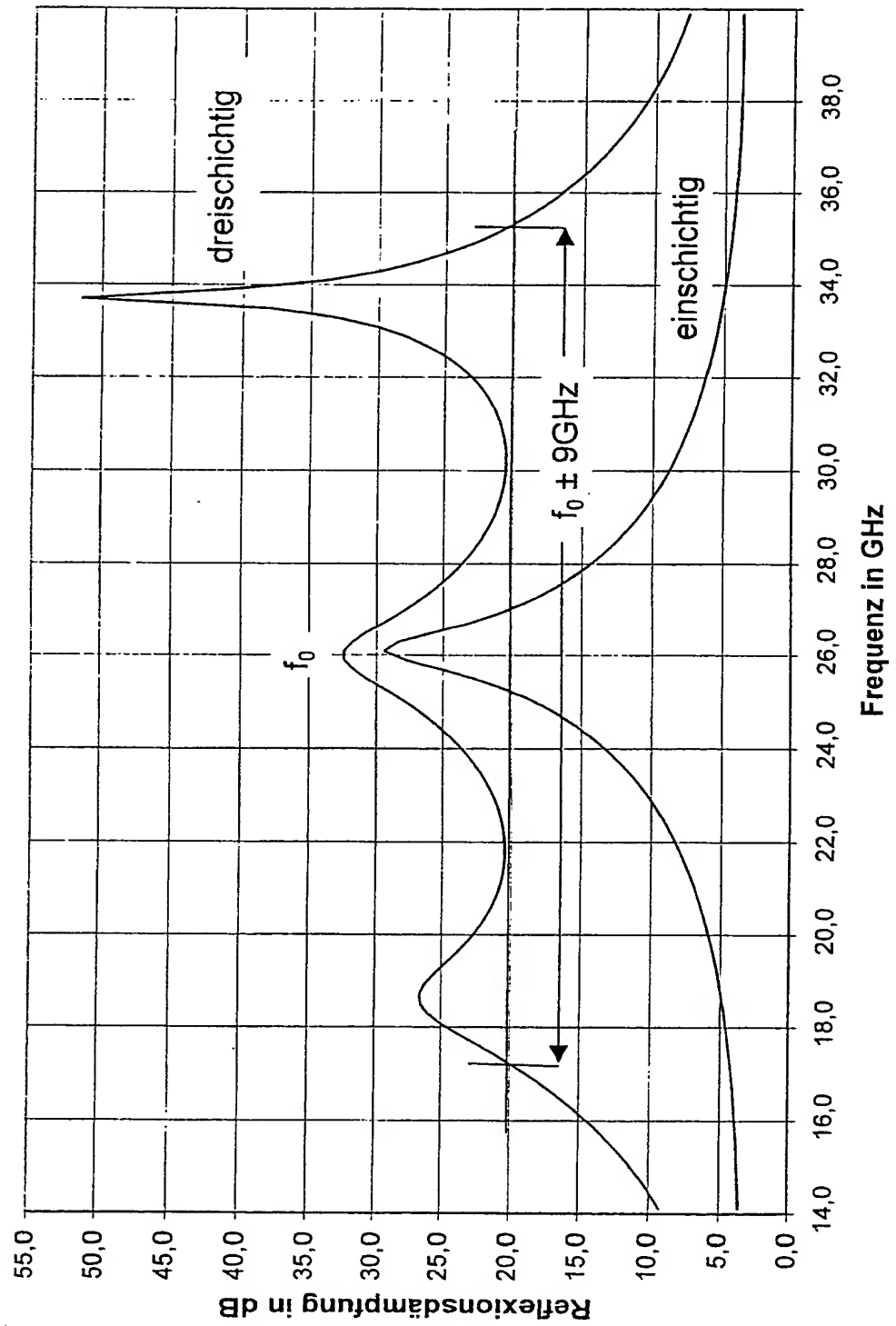
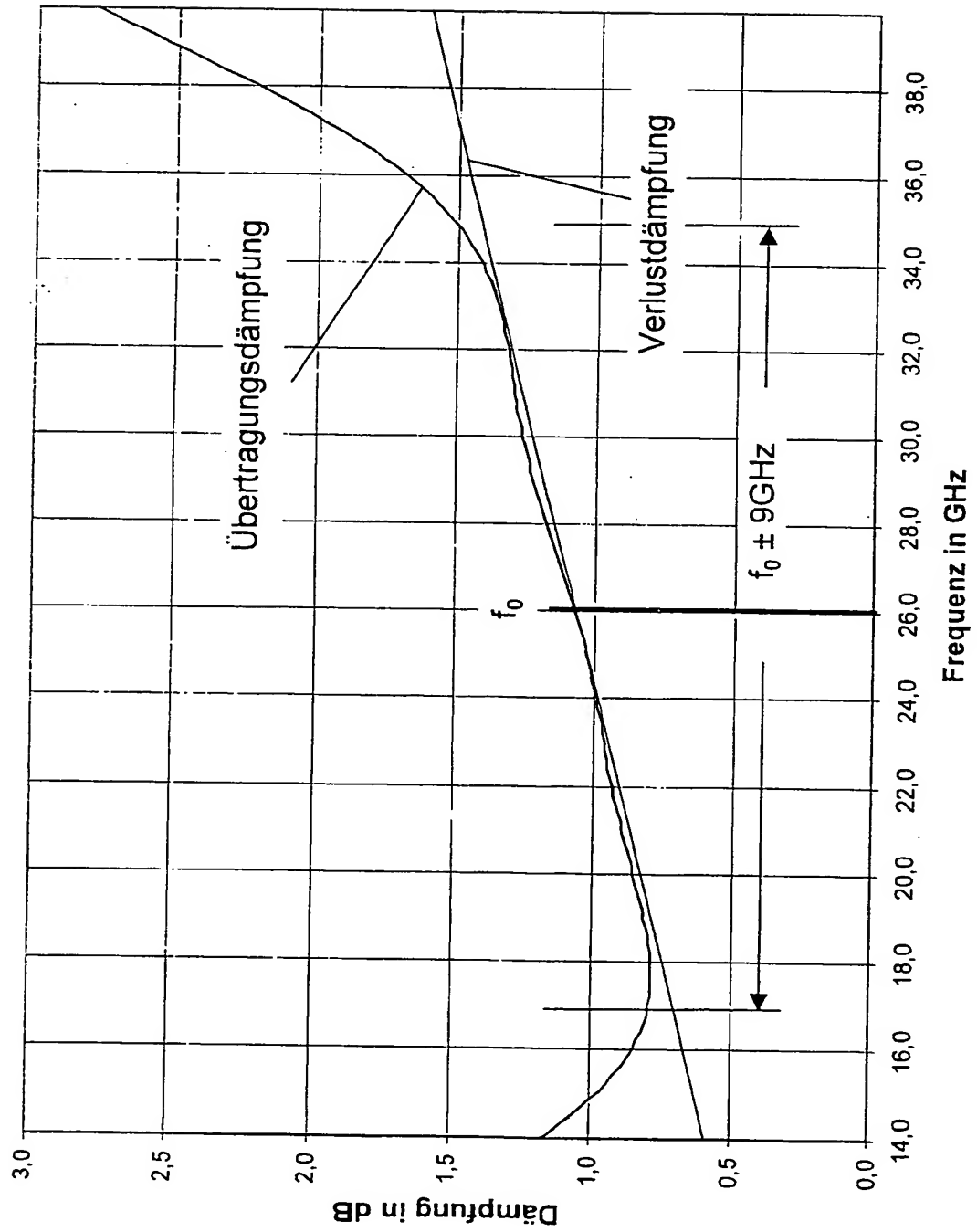


Fig. 6



0 04.12.03

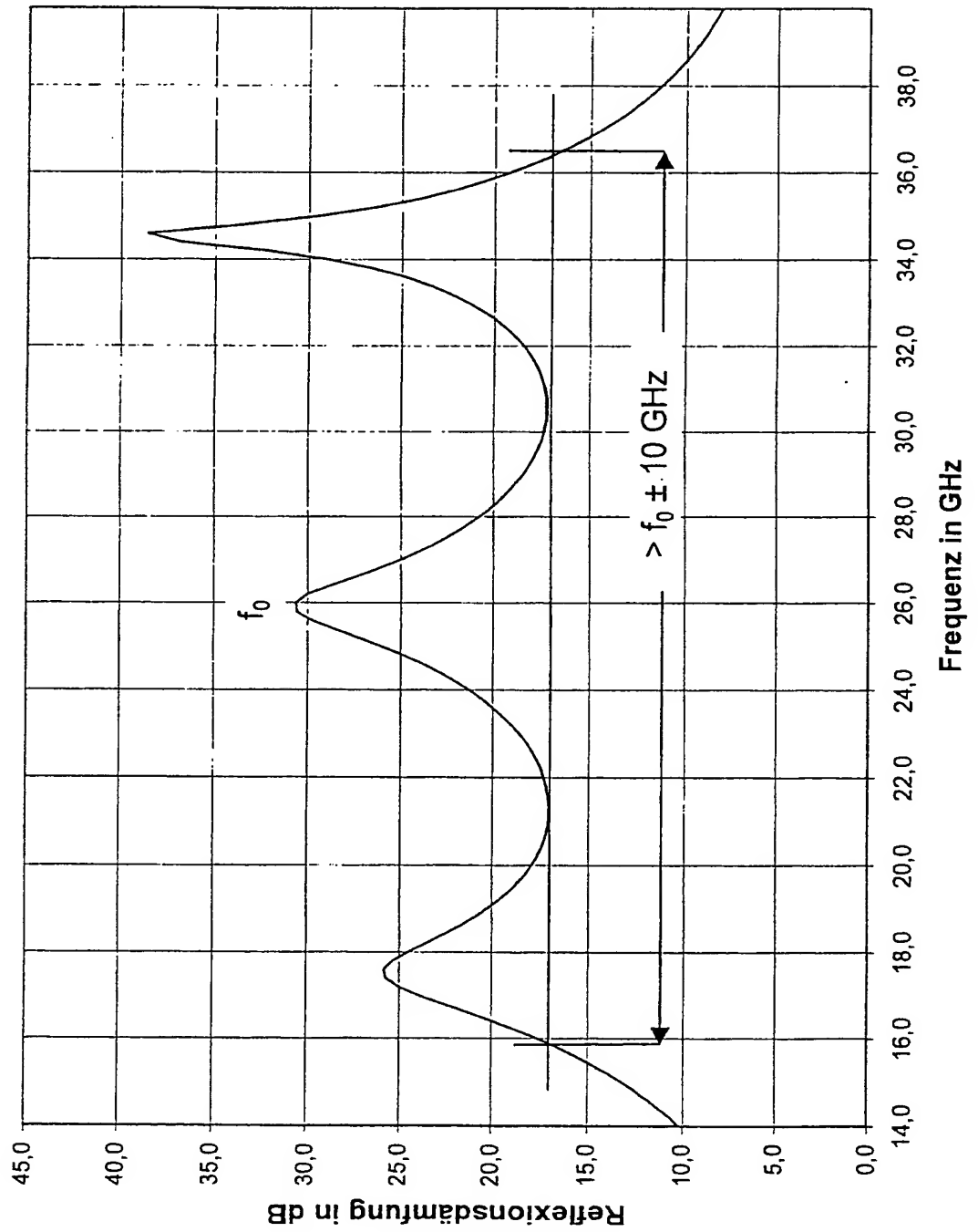
Fig. 7



17.000.61.002.30

0 04.12.02

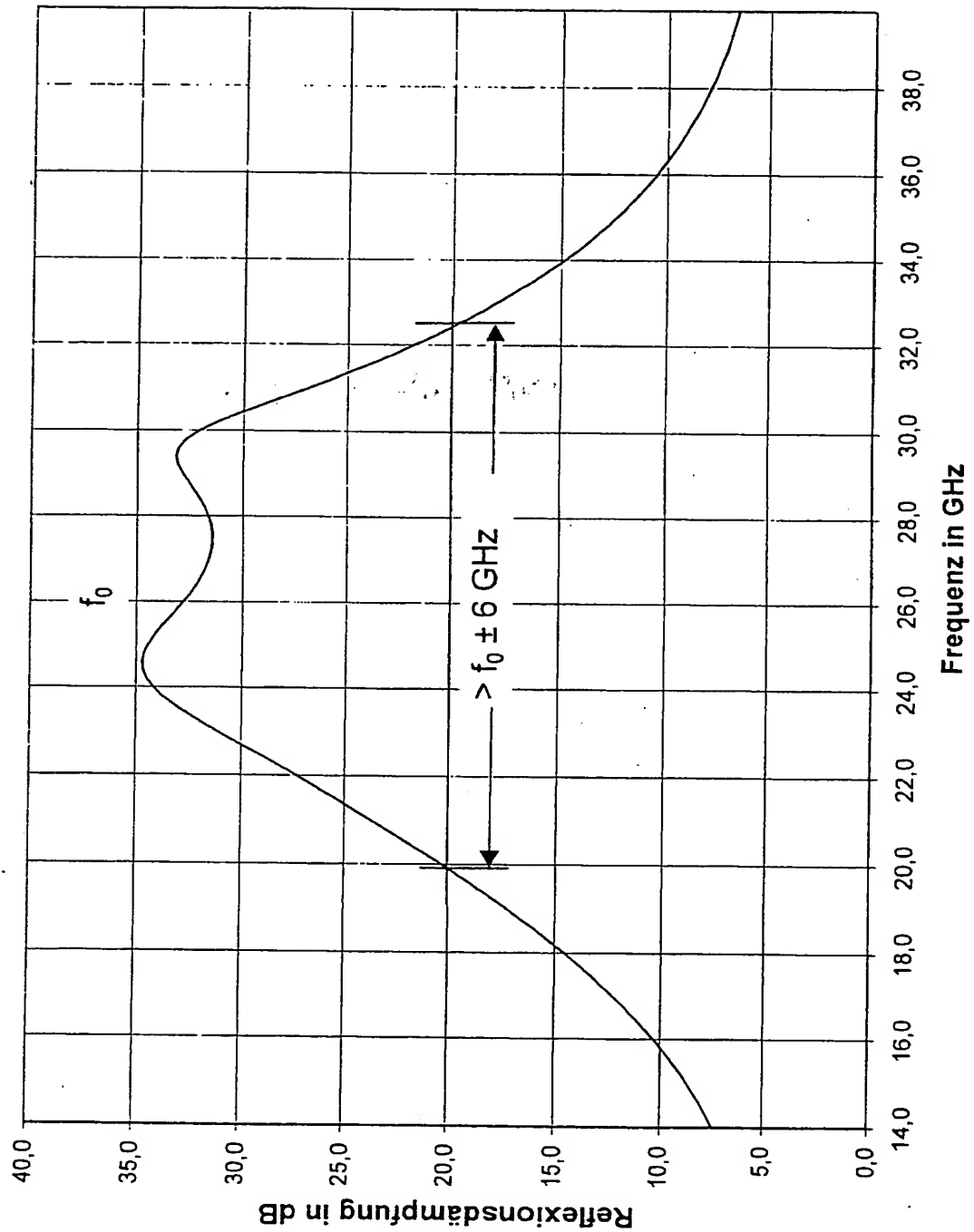
Fig. 8



17 620 61 2002 19 029 111

0 04.12.02

Fig. 9



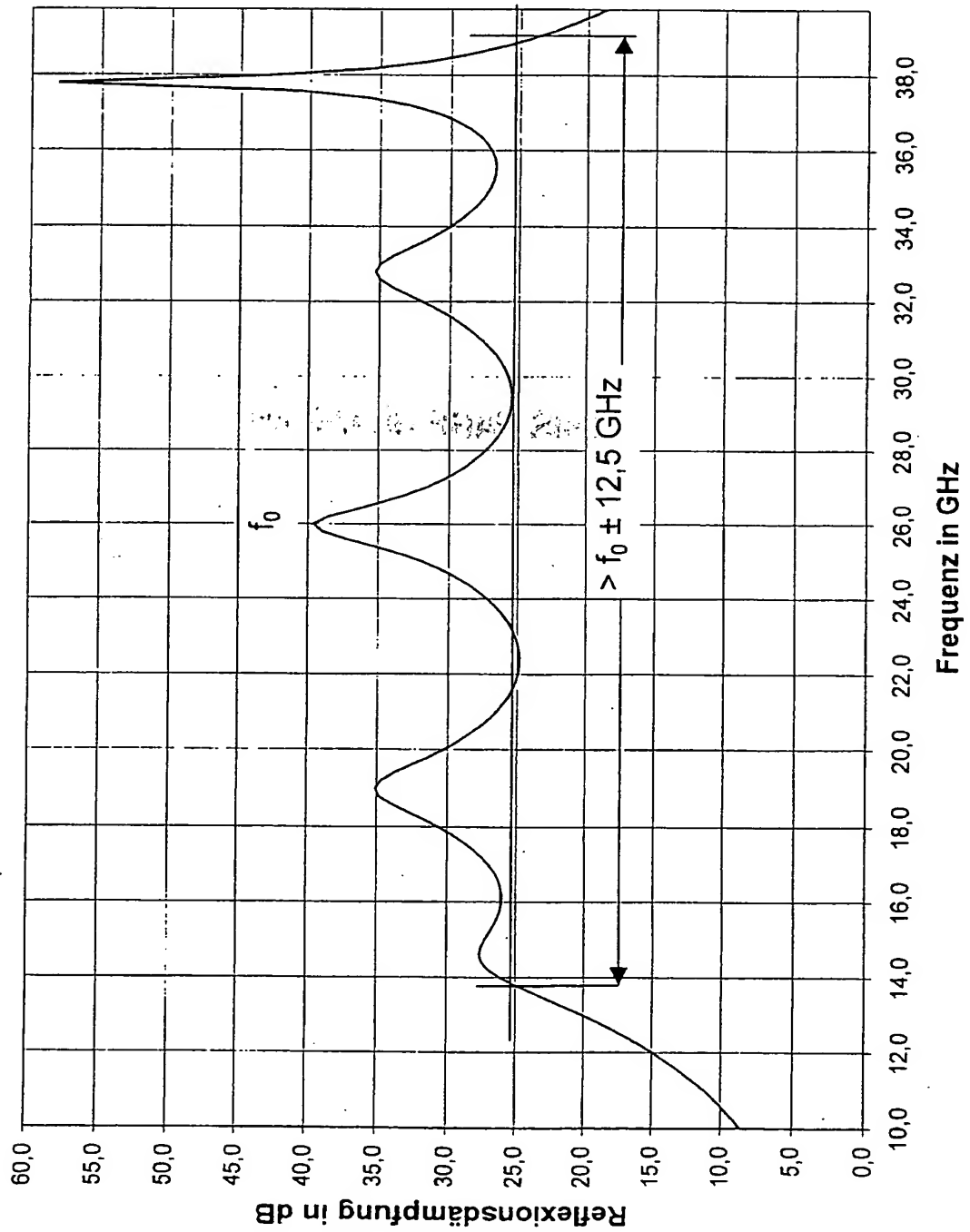
17.000.01.2002

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



0 04.12.02

Fig. 10



17 600 19 029 01

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☒ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**